台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 62(2):106–125 (2013)
DOI: 10.6156/JTAR/2013.06202.02

不同水旱田農耕生態系統對田間雜草相變動之影響

蕭巧玲 [1]　楊純明 [2,*]　何佳勳 [1]

摘要

蕭巧玲、楊純明、何佳勳。2013。不同水旱田農耕生態系統對田間雜草相變動之影響。台灣農業研究 62(2):106–125。

在不同耕作制度 (系統) 下，農地雜草相必將發生短期的變異與長期的變遷。為期瞭解雙期作水田農耕生態系 (paddy-paddy agro-ecosystem; PP) 及一期作水稻、二期作落花生之水旱田輪作農耕生態系 (paddy-upland rotation agro-ecosystem; PU) 下雜草相之變異與變遷，本研究乃於行政院農業委員會農業試驗所溪口農場之長期農業生態系研究 (long-term agricultural ecological research; LTER) 試驗場址進行雜草相調查。本報告為 2010 年至 2011 年之兩年試驗，調查與分析不同農耕生態系之雜草相變動情形。兩種農耕法分別包括慣行農耕 (conventional cropping system; CC) 及低投施農耕 (low-input cropping system; LC)，合計四種農耕生態系組合，即 PP-CC、PP-LC、PU-CC 及 PU-LC。根據調查結果，雜草密度在一期作 LC 處理區多於 CC 處理區，且 2011 年多於 2010 年，惟 LC 處理區雜草生質量在 2010 年小於 CC 區，而 2011 年卻大於 CC 區，推測農耕處理尚未使雜草相穩定故兩年間表現未趨一致。二期作的雜草相分布，PP 生態系大於 PU 生態系，以年際變化而言 2011 年少於 2010 年，顯示試區水田雜草相較旱田豐富且受到氣候影響。在四種農耕生態系中，一期作所發生的雜草科別數及種別數均少於二期作，惟年際間表現不一，可知影響雜草相之因子多而複雜。發生密度最多的雜草科別，雙期作皆為水田的 PP 生態系，一期作在 2010 年以千屈菜科最多、2011 年則為玄參科，二期作在兩年皆以玄參科密度最高。在水旱田輪作的 PU 生態系，一期作在 2010 年的 PU-CC 及 PU-LC 以菊科與千屈菜科分布較高，2011 年則為莎草科與菊科；二期作在 2010 年皆以菊科佔多數，而 2011 年之 PU-CC 與 PU-LC 則分別以菊科及茄科發生最多。進一步分析分布最多的雜草物種，PP 生態系 (PP-CC 及 PP-LC) 一期作在 2010 年以水莧菜、2011 年以母草最多，二期作兩年皆以母草最多。PU 生態系 (PU-CC 及 PU-LC) 於一期作在 2010 年由霍香薊、香附子分占一、二位，在 2011 年則為水莧菜及鱧腸，於二期作在 2010 年分別為霍香薊、鱧腸，2011 年則分別為香附子、燈籠草。顯然雜草的科別數及物種數將因為生態、農耕及氣象等條件的不同，呈現期作與年份上的變動，各生態系雜草相是否可以逐漸達到穩定狀態，則可能需要更多時間予以觀察、釐清。

關鍵詞：長期農業生態系、雙期作水田生態系、水旱田輪作生態系、慣行農耕、低投施農耕。

前言

雜草相的消長及變化，受農田內耕作方式影響甚大，包括耕犁、作物栽植時間與密度、雜草管理及施肥作業等連續或非連續的操作，都能將雜草群落重新組合，吾人則可藉由雜草相的組合來瞭解群落形成原因 (Moody 1996; Tungate *et al.* 2007; Ryan *et al.* 2010)。由此可見，農田的管理措施將使農田內雜草相發生變化及變遷，造成原因相當的複雜而多樣。因此，在不同農耕體系或制度下的經營管理措施，不僅必須考慮對作物的效應，亦應關注對當時雜草相的影響。舉例來說，未

投稿日期：2013 年 1 月 3 日；接受日期：2013 年 3 月 22 日。
* 通訊作者：cmyang@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所作物組助理研究員。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所所長室/作物組研究員。台灣 台中市。

經耕作與曾經耕作的水稻田將有不同組成的雜草群落，有學者認為雜草相的改變並非作物耕種的次數增加所造成，而係整地或水分管理不同引起 (Chiang & Leu 1982; Kent *et al.* 2001)；又如亞洲某些地區當以直播方式種植時，可使水稻田中的芒稷 (*Echinochloa colona*)、千金子 (*Leptochloa chinensis*) 等一年生禾本科雜草成為優勢草種，取代移植稻田經常出現的鴨舌草 (*Monochoria vaginalis*)、細葉水丁香 (*Ludwigia hyssopifolia*) 等闊葉草 (Ho & Itoh 1991)。因此，對於不同的農耕生態系及農耕操作，應當長期調查農田的雜草相，以施予合適的雜草管理措施並避免生態環境的劣化。

農民常使用的輪作制度被認為是有利於作物生產的生態型耕作方式，利用有系統的輪作，可使土壤養分更為經濟有效的利用，前作殘留物耕犁入土後，除了增加有機質，也調節土壤養分、改善土壤理化性質及抑制雜草生長，並減少除草劑的施用 (Francis *et al.* 1989; Cheng 1997)。Cheng (1997) 的研究指出，水稻田經過 7 年輪作處理後，原來雙期作水田經過旱作的輪作而改善土壤理化性及雜草相。經過多年不同作物輪作後的水田，當恢復水稻種植之後，田區的尖葉雜草 (如禾草及莎草) 增加而闊葉雜草則明顯減少，顯示輪作所進行之栽培管理可利用於雜草的管理，其效果則視作物種植的前後順序、作物種類及田間除草劑選用類型等狀況而定 (Francis *et al.* 1989)。在 12 年的玉米-大豆輪作系統研究中，發現不耕犁組所調查的雜草種類歧異度高於慣行耕犁組，亦大於不同氮肥施用對雜草豐富度帶來的效應 (Lègére *et al.* 2008)。而且，輪作玉米時發現 15 種雜草種類，輪作大豆時則有 20 種雜草種類，其中鐵莧屬 (Acalypha) 等 8 種雜草未見於玉米田區，顯示雜草種類的分布會因為不同的輪作作物對應之栽培管理或除草劑的施用類型而異 (Lègére *et al.* 2008)。因此，適當輪作系統除了可減少雜草對不同輪作作物的適應性外，亦能降低雜草種子再次循環投入土壤種子庫中 (Liebman & Dyck 1993; Smith & Gross 2006)。另一項長達 25 年輪作的試驗調查發現，有機農耕系統相較於慣行農耕系統具有較豐富的雜草相，作者並認為維持多樣的雜草相不利於雜草管理 (Ryan *et al.* 2010)，因為農田發生的雜草具有群體與社會結構，雖然成功防除其中某幾種雜草，新起優勢的其他雜草卻成為新的問題雜草 (VanGessel 2001; Booth & Swanton 2002)。因此，有利於生態發展的農耕系統 (如有機農耕或低投入農耕)，必須長期動態調查雜草相的變化，才能施予適當的雜草管理，在維護生態的同時兼顧產量的考量。

綜合上述研究，農耕的多種操作措施將對農耕生態系造成深遠影響，所涉及的層面十分廣泛，對於週期循環變化的雜草而言，可能直接或間接影響雜草種類及密度的發展，而對農田的經營管理層面，則將牽涉作物與雜草間的競爭關係，並進而改變整個農田生物多樣性的維護。有鑑於此，本研究特別針對農業長期生態系試驗所設立的二大農耕生態系統的雜草相進行深入探討，本階段在於瞭解雙期作水田農耕生態系及一期作水稻、二期作落花生水旱輪作農耕生態系的雜草相變化及其差異。未來將持續追蹤不同農耕處理 / 操作下雜草相的長期變遷，期能提供評估建議予不同農耕生態系下雜草管理的參考，並助益於農耕系統的永續經營發展。

材料與方法

本試驗於行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所溪口農場之農業長期生態系試驗區進行，該試驗區分為雙期作水田農耕生態系 (paddy-paddy agro-ecosystem; PP) 及一期作水稻、二期作落花生之水旱輪作農耕生態系 (paddy-upland rotation agro-ecosystem; PU) 兩大類農耕生態系，各生態系又分為慣行農耕 (conventional cropping system; CC) 及低投施 (low-input cropping system; LC) 兩種耕作處理，合計有 PP-CC、PP-LC、PU-CC 及 PU-LC 四種農耕生態系 (或稱農耕系統) 組合。其

中，PU 生態系有 3 重複，每重複小區面積為 0.6–0.8 ha，PP 生態系則為 4 重複，每重複小區面積自 0.4–0.8 ha，分別在各區進行 2010 年一期作至 2011 年二期作的雜草相調查。

本試驗從 2010 年至 2011 年之栽培操作歷程列有耕犁 (tillage)、種植 (planting)、施肥 (fertilization)、噴藥 (herbicide spraying) 及收穫 (harvest) 等主要履歷 (表 1)。兩大農耕生態系在上半年的一期作皆栽植水稻，選用台南 11 號 (*Oryza sativa* L. cv. TN 11)；下半年二期作部分，PP 生態系仍栽植相同稻種，PU 生態系種植旱作落花生，選用台南 14 號 (*Arachis hypogaea* cv. Tainan 14)。肥料施用係以單質肥料硫酸銨 [$(NH_4)_2SO_4$]、過磷酸鈣 [主要為 $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$，常以 P_2O_5 表示]、氧化鉀 (K_2O) 來調配氮 (nitrogen; N)、磷 (phosphorus; P) 及鉀 (potassium; K) 三要素的比例。CC 之肥料用量採用行政院農業委員會所屬試驗改良場所推行之「合理化施肥」推薦量，並依土壤肥力調整施用劑量，LC 則為 CC 部分施用量 (表 2)。PP 及 PU 農耕生態系的 CC 處理一期作之 3 種單質肥料分別投入 140：70：85 kg ha^{-1}，其中氮肥平均 (各為 35 kg ha^{-1}) 分成基肥、第一次追肥、第二次追肥及穗肥等 4 次施用，全量磷肥 70 kg ha^{-1} 在基肥階段施用，而全量鉀肥 85 kg ha^{-1} 則於第二次追肥時施用；LC 以維持農田永續經營考量設計，肥料施用量依照土壤養分循環及土壤肥力狀態而定，約為 CC 用量的 35–71% 不等 (表 2)。PP 農耕生態系的 CC 與 LC 處理二期作之 3 種單質肥料分別投入 120：60：60 kg ha^{-1} 與 80：30：30 kg ha^{-1}，而 PU 生態系的 CC 與 LC 處理之 3 種單質肥分別投入 45：45：40 kg ha^{-1} 與 20：15：15 kg ha^{-1} (表 2)。

本試驗 2010 年的雜草管理在 4 個農耕生態系均採相同操作原則，2011 年種植水稻區域 (包含 PU 生態系一期作) 亦相同，惟二期作 PU 生態系略有不同，PU-CC 進行 1 次萌前除草劑，2 次萌後除草劑及 1 次人工除草管理，而 PU-LC 則進行相同除草劑管理外，並未施行人工除草，以比較雜草管理間之差異 (表 1)。PP 及 PU 在一期作水田耕種下，萌前除草劑 32% 丁基拉草乳劑 (butachlor，台灣庵原農藥股份有限公司) 在整地時以 1.6 a.i. L ha^{-1} 施用量一併施用，萌後除草劑 5.1% 殺丹免速隆混合粒劑 (thiobencarb + bebsulfuron-methy，台灣庵原農藥股份有限公司) 於第一次追肥時期施用 1.53 kg a.i. ha^{-1}。PP 之二期作水田耕種施用的除草劑，與一期作水田耕種相同；PU 在二期作種植旱作落花生，乃於整地時施用萌前除草劑 34% 施得圃乳劑 (pendimethalin，安旺特有限公司) 0.68 a.i. L ha^{-1} 及 45.1% 拉草乳劑 (alchlor，安旺特有限公司) 0.902 L a.i. ha^{-1}，再於播種後適當時機進行萌後雜草管理，分別施用相同的 3 種萌後除草劑，係將 44.1% 本達隆溶液 (bentazon，台聯實業股份有限公司) 0.441 L 1.i. ha^{-1}、34% 施得圃乳劑 (pendimethalin，安旺特有限公司) 0.85 L a.i. ha^{-1} 及 5% 快伏草乳劑 (quizalofop-ethyl，台灣日產化工股份有限公司) 0.05 L a.i. ha^{-1} 混合後噴施田間。

試區雜草種類與數量的調查，係自每一農耕生態系的重複小區中逢機取樣 4 點，每點面積 1 m^2，先計算各重複小區 4 點的平均值，再計算各農耕生態系全部小區的均值作為代表值。各農耕生態系的試區，皆於收獲前數日進行取樣調查，先將 1 m^2 面積內的所有雜草樣本拔取攜回研究室，經過清洗、分類後記錄雜草的科屬別、物種別，量測植株數量後得到密度 (plant m^{-2})。續稱取其等鮮重，又經 80℃ 烘乾 72–96 h 後稱取乾重。試驗資料之統計分析採用 SAS 軟體 (version 9.1, SAS Institute)，繪圖軟體則採用 Sigmaplot (version 8.0, SPSS ASC BV, The Netherlands)。除了各農耕生態系的均值，亦計算其機差 (或稱標準誤，standard error; SE) 及雜草出現百分比 (%)，後者係指每一農耕生態系中該雜草科別或種別出現之百分比，公式如下列：

表 1. 2010 年及 2011 年合計兩年四期作不同農耕生態系之栽培操作歷程。

Table 1. Tracing of cultural practices in the first and the second cropping seasons of 2010 and 2011.

	Paddy-paddy agro-ecosystem (PP)		Paddy-upland rotation agro-ecosystem (PU)	
Practice	CC[y]	LC	CC	LC
First Crop[z]				
Tillage	01/28/2010 01/22/2011	01/28/2010 01/22/2011	01/28/2010 01/22/2011	01/28/2010 01/22/2011
Planting	02/03/2010 01/30/2011	02/03/2010 01/30/2011	02/03/2010 01/30/2011	02/03/2010 01/30/2011
Fertilization, basal dressing	01/25/2010 01/20/2011	01/25/2010 01/20/2011	01/25/2010 01/20/2011	01/25/2010 01/20/2011
1st top dressing	02/24/2010 02/10/2011	02/24/2010 02/10/2011	02/24/2010 02/10/2011	02/24/2010 02/10/2011
2nd top dressing	03/09/2010 03/15/2011	03/09/2010 03/15/2011	03/09/2010 03/15/2011	03/09/2010 03/15/2011
Last dressing	04/01/2010 05/05/2011	04/01/2010 05/05/2011	04/01/2010 05/05/2011	04/01/2010 05/05/2011
Herbicide, pre-emergence	01/27/2010 01/14/2011	01/27/2010 01/14/2011	01/27/2010 01/14/2011	01/27/2010 01/14/2011
post-emergence	02/24/2010 02/10/2011	02/24/2010 02/10/2011	02/24/2010 02/10/2011	02/24/2010 02/10/2011
Harvest	06/23/2010 07/04/2011	06/23/2010 07/04/2011	06/23/2010 07/04/2011	06/23/2010 07/04/2011
Second Crop				
Tillage	07/30/2010 07/25/2011	07/30/2010 07/25/2011	08/17/2010 08/17/2011	08/17/2010 08/17/2011
Planting	08/04/2010 07/29/2011	08/04/2010 07/29/2011	08/19/2010 08/19/2011	08/19/2010 08/19/2011
Fertilization, basal dressing	07/22/2010 07/25/2011	07/22/2010 07/25/2011	08/16/2010 08/19/2011	08/16/2010 08/19/2011
1st top dressing	08/12/2010 08/11/2011	08/12/2010 08/11/2011	10/26/2010 10/12/2011	10/26/2010 10/12/2011
2nd top dressing	08/24/2010 08/25/2011	08/24/2010 08/25/2011	None/2010 None/2011	None/2010 None/2011
Last dressing	09/27/2010 09/28/2011	09/27/2010 09/28/2011	None/2010 None/2011	None/2010 None/2011
Herbicide, pre-emergence	07/29/2010 07/25/2011	07/29/2010 07/25/2011	08/20/2010 08/22/2011	08/20/2010 08/22/2011
post-emergence-1	08/12/2010 08/11/2011	08/12/2010 08/11/2011	09/06/2010 09/07/2011	09/06/2010 09/07/2011
post-emergence-2	None/2010 None/2011	None/2010 None/2011	None/2010 09/20/2011	None/2010 09/20/2011
Hand-weeding	None/2010 None/2011	None/2010 None/2011	10/15/2010 09/23/2011	10/15/2010 None/2011
Harvest	12/05/2010 11/24/2011	12/05/2010 11/24/2011	12/22/2010 12/08/2011	12/22/2010 12/08/2011

[z] Rice was planted in both PP and PU agro-ecosystems in First Crop; whereas, it was rice for PP and peanut for PU in Second Crop.
[y] CC: conventional cropping system; LC: low-input cropping system.

表 2. 2010 年及 2011 年一、二期作各農耕生態系使用之肥料及除草劑情形。

Table 2. The summary of field treatments for experiments conducted in the first and the second cropping seasons of 2010 and 2011.

	Paddy-paddy agro-ecosystem (PP)		Paddy-upland rotation agro-ecosystem (PU)	
Practice	CC[y]	LC	CC	LC
First Crop[z]				
Fertilizers (kg ha^{-1}) N:P:K[x]	140:70:85	100:30:30	140:70:85	100:30:30
Herbicides, pre-emergence	32% butachlor	32% butachlor	32% butachlor	32% butachlor
post-emergence	5.1% benthiocarb + bensulfuron-methyl	5.1% benthiocarb + bensulfuron-methyl	5.1% benthiocarb + bensulfuron-methyl	5.1% benthiocarb + bensulfuron-methyl
Second Crop				
Fertilizers (kg ha^{-1}) N:P:K	120:60:60	80:30:30	45:45:50	20:15:15
Herbicides, per-emergence	32% butachlor	32% butachlor	5.1% alachlor + 34% pendimethalin	5.1% alachlor + 34% pendimethalin
post-emergence	5.1% benthiocarb + bensulfuron-methyl	5.1% benthiocarb + bensulfuron-methyl	44.1% bentazone + 34% pendimethalin + 5% quizalofop-ethyl	44.1% bentazone + 34% pendimethalin + 5% quizalofop-ethyl

[z] Rice was planted in both PP and PU agro-ecosystems in First Crop; whereas, it was rice for PP and peanut for PU in Second Crop.
[y] CC: conventional cropping system; LC: low-input cropping system.
[x] The input of fertilizers ammonium sulfate [$(NH_4)_2SO_4$], calcium superphosphate [mainly $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$] and potassium oxide (K_2O), demoted as N : P : K, are to ajust the ratio of three macroelements nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K).

雜草出現百分比 (%)

$$= \frac{\text{該雜草科別或種類之株數}}{\text{所有雜草科別或種類之株數總和}} \times 100\%$$

結果

本研究於本所嘉義分所溪口農場之長期農業生態系研究站進行，針對 2010 年及 2011 年之一、二期作雜草調查資料，探討不同農耕生態系對雜草相變動之影響。整理 4 種農耕生態系發生之雜草科別及發生密度 (表 3)，一期作水稻栽植區較高肥料量之 CC 區平均雜草發生量在2010年為6 plant m^{-2} (PP生態系1.8 plant m^{-2}、PU 9.9 plant m^{-2})，2011 年則為 16 plant m^{-2}。而低施肥量之 LC 區在 2010 年為 4 plant m^{-2}，2011年則為21 plant m^{-2}。整體而言，一期作 LC 區雜草密度多於 CC 區，且 2011 年多於 2010 年。二期作的雜草相分布，PP 生態系大於 PU 生態系，以年際變化而言 2011 年少於 2010 年，PU 生態系雜草相在 2 年間消長變化較小 (表 3)。進一步分析各農耕生態系田區的雜草生質量 (鮮重、乾重) 之差異 (表 4、表 5)，結果發現大致上 2011 年大於 2010 年，2010 年呈現 CC 區大於 LC 區，而 2011 年則以 LC 區多於 CC 區，兩年間表現未趨一致。

其次，關於田區發生雜草之科別數與種別數消長 (圖 1)，可發現一期作中不論科別數與種別數，2011 年皆多於 2010 年，惟二期作呈現相反趨勢。綜合調查資料，2010 年共發生 17 科雜草，2011 年則有 19 科草相分布，即在二期作 PU-LC 生態系中增加了梧桐科 (Sterculiaceae) 與田麻科 (Tiliaceae) 等 2 科 (表 3)。除此之外，大致呈現二期作科別數與種別數高於一期作，PU 生態系略多於 PP 生態系，而 CC 處理多於 LC 處理之趨勢。

進一步整理不同農耕生態系中發生密度最多之前 5 名科別，一期作 PP 及 PU 生態系多屬水田雜草相 (圖 2)，2010 年 PP 生態系以千屈菜科 (Lythracese) 所佔密度最高，平均發生約 19 plant m^{-2}，有 85% 雜草為此科植物，而玄參科 (Scrophulariaceae) 雜草僅佔 7% 左右，平均約 1–2 plant m^{-2} 分佈。2011 年有大幅增加的現象，平均最多有 247 plant m^{-2} 分布，田區中有 80% 之族群屬於玄參科雜草。

表 3. 2010 年及 2011 年一、二期作各農耕生態系所分布之雜草科別數。

Table 3. The weed family distribution and its density in various cropping systems in the first and the second copping seasons of 2010 and 2011.

		Frist crop[z]								Second crop								
		PP				PU				PP				PU				
		CC[y]		LC		CC		LC		CC		LC		CC		LC		
Family	Year	plant m^{-2} (%)																Mean
Amaeanthaceae	2010	1.0	(7.9)	0.4	(2.0)	0.3	(0.3)	0.1	(0.3)	0.4	(0.1)	0.8	(0.3)	0.1	(0.2)	1.1	(0.9)	0.5
	2011	1.6	(0.5)	0.2	(0.1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
Chenopodiaceae	2010	-[x]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	(0.1)	0.1	(0.1)	< 0.1
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Commelinaceae	2010	-	-	-	-	-	-	0.2	(0.6)	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Compositae	2010	0.1	(1.0)	-	-	34.8	(35.3)	5.2	(17.3)	1.1	(0.3)	0.5	(0.2)	55.7	(72.9)	67.9	(53.3)	20.7
	2011	1.1	(0.3)	-	-	11.2	(22.3)	14.7	(26.4)	15.3	(12.3)	4.2	(3.5)	31.6	(36.1)	6.8	(7.3)	10.6
Convolvulaceae	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	(< 0.1)	-	-	0.9	(1.2)	2.4	(1.9)	0.4
	2011	0.2	(0.1)	-	-	0.4	(0.8)	0.2	(0.3)	-	-	-	-	0.6	(0.7)	16.3	(17.7)	2.2
Cruciferae	2010	-	-	-	-	1.3	(1.4)	-	-	58.1	(15.4)	8.9	(3.6)	2.3	(3.0)	2.5	(1.9)	9.1
	2011	0.9	(0.3)	-	-	1.1	(2.2)	0.6	(1.1)	0.1	(0.1)	-	-	3.0	(3.4)	0.3	(0.3)	0.8
Cyperaceae	2010	0.2	(1.5)	0.5	(2.3)	11.2	(11.3)	8.3	(27.7)	59.6	(15.8)	47.1	(19.1)	6.0	(7.8)	7.5	(5.9)	17.5
	2011	36.2	(11.7)	63.9	(25.6)	14.3	(28.6)	14.2	(25.5)	11.8	(9.5)	11.4	(9.6)	31.1	(35.6)	2.2	(2.4)	23.1
Gramineae	2010	2.1	(16.8)	0.8	(3.7)	1.4	(1.4)	1.0	(3.4)	2.6	(0.7)	0.8	(0.3)	1.0	(1.3)	0.2	(0.1)	1.2
	2011	2.9	(0.9)	3.3	(1.3)	0.2	(0.3)	3.5	(6.3)	1.1	(0.9)	2.6	(2.2)	0.9	(1.0)	3.7	(4.0)	2.3
LeguminoLCe	2010	0.1	(0.5)	-	-	0.3	(0.3)	0.3	(0.8)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1
	2011	-	-	-	-	0.2	(0.3)	-	-	-	-	-	-	0.2	(0.2)	-	-	0.1
Lythraceae	2010	8.3	(65.4)	18.6	(84.6)	18.2	(18.4)	9.8	(32.7)	49.0	(13.0)	85.5	(34.8)	0.3	(0.4)	4.5	(3.5)	24.3
	2011	14.7	(4.7)	24.2	(9.7)	11.8	(23.5)	12.8	(23.1)	25.5	(20.6)	26.2	(22.1)	0.3	(0.4)	0.6	(0.6)	14.5
Onagraceae	2010	-	-	-	-	0.1	(0.1)	-	-	4.3	(1.1)	4.2	(1.7)	0.4	(0.6)	4.1	(3.2)	1.6
	2011	5.4	(1.8)	0.6	(0.3)	0.7	(1.3)	0.3	(0.6)	0.2	(0.2)	0.1	(0.1)	0.3	(0.4)	-	-	1.0
Polygonaceae	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	(0.7)	5.0	(3.9)	0.7
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Pontederiaceae	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	(< 0.1)	-	-	-	-	-	-	< 0.1

表 3. 2010 年及 2011 年一、二期作各農耕生態系所分布之雜草科別數。(續)

Table 3. The weed family distribution and its density in various cropping systems in the first and the second copping seasons of 2010 and 2011. (continued)

		Frist crop[z]				Second crop				
		PP		PU		PP		PU		
		CC[y]	LC	CC	LC	CC	LC	CC	LC	
Family	Year	plant m^{-2} (%)								Mean
	2011	0.3 (0.1)	- -	- -	- -	0.1 (0.1)	- -	- -	- -	0.1
Rubiaceae	2010	-[x] -	- -	- -	- -	3.0 (0.8)	2.0 (0.8)	0.1 (0.1)	1.4 (1.1)	0.8
	2011	0.3 (0.1)	- -	- -	- -	- -	- -	0.6 (0.7)	- -	0.1
Scrophulariaceae	2010	0.9 (6.9)	1.6 (7.4)	22.7 (23.0)	3.5 (11.7)	176.8 (46.8)	96.0 (39.0)	4.2 (5.5)	24.5 (19.3)	41.3
	2011	247.1 (79.6)	157.7 (63.1)	5.5 (11.0)	4.3 (7.7)	67.6 (54.7)	73.3 (62.0)	1.4 (1.6)	1.7 (1.8)	69.8
Solanaceae	2010	- -	- -	8.5 (8.6)	1.7 (5.6)	0.3 (0.1)	0.3 (0.1)	4.9 (6.4)	6.1 (4.8)	2.7
	2011	- -	0.1 (0.1)	4.3 (8.7)	1.4 (2.6)	- -	- -	16.9 (19.4)	60.6 (65.7)	10.4
Sterculiaceae	2010	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	0.0
	2011	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	0.1 (0.1)	< 0.1
Tiliaceae	2010	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	0.0
	2011	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	0.1 (0.1)	< 0.1
Unknown	2010	- -	- -	- -	- -	22.3 (5.9)	- -	- -	- -	2.8
	2011	- -	- -	- -	- -	- -	0.3 (0.2)	0.5 (0.6)	- -	0.1
Mean	2010	1.8 ± 2.9	4.4 ± 7.9	9.9 ± 11.9	3.3 ± 3.7	29.1 ± 50.1	24.6 ± 37.7	6.7 ± 16.8	10.1 ± 18.5	11.2 ± 10.1
	2011	28.2 ± 73.4	35.7 ± 58.6	4.6 ± 5.4	5.6 ± 5.9	13.7 ± 22.1	14.8 ± 25.3	7.3 ± 12.2	9.2 ± 18.7	14.9 ± 11.3

[z] Rice was planted in both PP (paddy-paddy agro-ecosystem) and PU (paddy-upland rotation agro-ecosystem) in First Crop; whereas, it was rice for PP and peanut for PU in Second Crop.

[y] CC: conventional cropping system; LC: low-input croopping system.

[x] Not recorded.

02-楊純明.indd 112 2013/7/8 下午 04:01:41

表 4. 2010 年及 2011 年一、二期作各農耕生態系不同雜草科別之鮮重。

Table 4. The weed family distribution and its fresh weight in various cropping systems in the first and the second of 2010 and 2011.

		Frist crop[z]								Second crop								
		PP				PU				PP				PU				
		CC[y]		LC		CC		LC		CC		LC		CC		LC		
Family	Year	g m^{-2} (%)																Mean
Amaeanthaceae	2010	1.2	(12.2)	0.2	(5.8)	0.1	(0.2)	0.0	(< 0.1)	0.1	(0.4)	0.1	(0.4)	0.2	(0.2)	1.6	(1.2)	0.4
	2011	1.3	(0.8)	0.1	(< 0.1)	1.9	(4.5)	8.1	(12.1)	1.7	(1.8)	0.3	(0.3)	-	-	-	-	1.7
Chenopodiaceae	2010	-[x]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(< 0.1)	< 0.1	(< 0.1)	< 0.1
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Commelinaceae	2010	-	-	-	-	-	-	0.1	(0.5)	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Compositae	2010	< 0.1	(0.3)	-	-	28.7	(57.3)	9.3	(36.5)	0.1	(0.5)	0.1	(0.4)	66.8	(65.2)	94.4	(70.3)	24.9
	2011	1.1	(0.7)	-	-	21.3	(51.3)	25.2	(37.6)	7.5	(7.9)	7.7	(7.5)	97.8	(27.2)	24.4	(2.4)	23.1
Convolvulaceae	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	(0.3)	-	-	3.0	(2.9)	3.9	(2.9)	0.9
	2011	0.1	(0.1)	-	-	0.2	(0.6)	0.4	(0.5)	-	-	-	-	5.6	(1.6)	127.8	(12.7)	16.8
Cruciferae	2010	-	-	-	-	0.1	(0.2)	-	-	0.5	(1.8)	0.1	(0.7)	3.0	(2.9)	2.2	(1.6)	0.7
	2011	< 0.1	(< 0.1)	-	-	0.3	(0.7)	0.2	(0.3)	< 0.1	(< 0.1)	-	-	1.5	(0.4)	0.1	(< 0.1)	0.3
Cyperaceae	2010	0.4	(3.7)	0.4	(10.5)	5.7	(11.4)	6.1	(24.0)	5.0	(18.6)	6.5	(34.9)	2.8	(2.7)	3.9	(2.9)	3.8
	2011	34.2	(21.7)	59.3	(39.2)	10.3	(24.9)	17.3	(25.8)	11.1	(11.7)	15.3	(14.9)	31.9	(8.9)	3.6	(0.4)	22.9
Gramineae	2010	4.6	(46.2)	1.3	(37.4)	1.6	(3.2)	3.3	(13.2)	0.2	(0.8)	0.1	(0.8)	0.7	(0.7)	0.1	(0.1)	1.5
	2011	1.3	(0.8)	5.0	(3.3)	0.2	(0.4)	9.2	(13.7)	1.2	(1.3)	10.4	(10.1)	0.6	(0.2)	11.1	(1.1)	4.9
Leguminosae	2010	0.3	(3.3)	-	-	< 0.1	(0.1)	< 0.1	(0.1)	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1
	2011	-	-	-	-	0.1	(0.2)	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(< 0.1)	-	-	< 0.1
Lythraceae	2010	2.5	(24.8)	1.2	(33.7)	2.1	(4.3)	4.8	(18.8)	3.0	(11.3)	5.1	(27.8)	< 0.1	(< 0.1)	0.8	(0.6)	2.4
	2011	6.9	(4.4)	8.5	(5.6)	3.0	(7.2)	2.6	(3.8)	24.4	(25.7)	19.3	(19.3)	0.1	(< 0.1)	1.5	(0.1)	8.3
Onagraceae	2010	-	-	-	-	0.1	(0.1)	-	-	0.3	(1.1)	0.4	(2.1)	0.2	(0.2)	0.9	(0.7)	0.2
	2011	7.8	(5.0)	0.4	(0.3)	1.1	(2.5)	0.6	(0.9)	1.4	(1.5)	0.1	(0.1)	0.1	(< 0.1)	-	-	1.4

[z] Rice was planted in both PP (paddy-paddy agro-ecosystem) and PU (paddy-upland rotation agro-eco system) in First Crop; whereas, it was rice for PP and peanut for PU in Second Crop.
[y] CC: conventional cropping system; LC: low-input croopping system.
[x] Not recorded.

表 **4.** 2010 年及 2011 年一、二期作各農耕生態系不同雜草科別之鮮重。(續)

Table 4. The weed family distribution and its fresh weight in various cropping systems in the first and the second of 2010 and 2011. (continued)

		Frist crop[z]								Second crop								
		PP				PU				PP				PU				
		CC[y]		LC		CC		LC		CC		LC		CC		LC		
Family	Year	g m^{-2} (%)																Mean
Polygonaceae	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(< 0.1)	0.9	(0.7)	0.1
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Pontederiaceae	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(< 0.1)	-	-	-	-	-	-	< 0.1
	2011	0.7	(0.4)	-	-	-	-	-	-	0.1	(0.1)	-	-	-	-	-	-	0.1
Rubiaceae	2010	-[x]	-	-	-	-	-	-	-	0.1	(0.2)	< 0.1	(0.2)	< 0.1	(< 0.1)	0.1	(0.1)	< 0.1
	2011	< 0.1	(< 0.1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(< 0.1)	-	-	< 0.1
Scrophulariaceae	2010	0.9	(9.4)	0.4	(12.5)	7.4	(14.8)	1.2	(4.7)	16.0	(59.6)	6.0	(32.7)	0.7	(0.7)	4.6	(3.4)	4.7
	2011	104.2	(66.1)	78.0	(51.6)	1.9	(4.5)	3.4	(5.0)	47.5	(50.0)	49.0	(47.8)	0.6	(0.2)	0.6	(0.1)	35.7
Solanaceae	2010	-	-	-	-	4.2	(8.4)	0.6	(2.2)	0.1	(0.2)	< 0.1	(0.1)	25.1	(24.5)	20.9	(15.6)	6.4
	2011	-	-	< 0.1	(< 0.1)	1.3	(3.2)	0.2	(0.2)	-	-	-	-	221.1	(61.5)	832.7	(83.1)	131.9
Sterculiaceae	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	(0.1)	0.1
Tiliaceae	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	(< 0.1)	< 0.1
Unknown	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	1.4	(5.2)	-	-	-	-	-	-	0.2
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(< 0.1)	0.1	(< 0.1)	-	-	< 0.1
Mean	2010	1.4 ± 1.6		0.7 ± 0.5		5.0 ± 8.7		2.8 ± 3.3		2.1 ± 4.4		1.9 ± 2.8		8.9 ± 21.4		10.3 ± 25.9		4.13 ± 3.6
	2011	14.3 ± 31.4		21.6 ± 32.7		3.8 ± 6.5		6.7 ± 8.5		10.6 ± 16.0		12.8 ± 16.4		30.0 ± 66.6		100.2 ± 260.3		25.0 ± 31.5

[z] Rice was planted in both PP (paddy-paddy agro-ecosystem) and PU (paddy-upland rotation agro-eco system) in First Crop; whereas, it was rice for PP and peanut for PU in Second Crop.

[y] CC: conventional cropping system; LC: low-input croopping system.

[x] Not recorded.

02-楊純明.indd 114 2013/7/8 下午 04:01:42

表 5. 2010 年及 2011 年一、二期作各農耕生態系不同雜草科別之乾重。

Table 5. The weed family distribution and its dry weight in various cropping systems in the first and the second of 2010 and 2011.

		Frist crop[z]								Second crop								
		PP				PU				PP				PU				
		CC[y]		LC		CC		LC		CC		LC		CC		LC		
Family	Year	g m^{-2} (%)																Mean
Amaeanthaceae	2010	0.2	(8.4)	< 0.1	(4.1)	< 0.1	(0.2)	< 0.1	(< 0.1)	< 0.1	(0.8)	< 0.1	(0.4)	< 0.1	(0.1)	0.2	(1.2)	0.1
	2011	0.3	(1.0)	< 0.1	(< 0.1)	0.4	(3.8)	1.3	(8.9)	0.3	(1.6)	< 0.1	(0.2)	-	-	-	-	0.3
Chenopodiaceae	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(< 0.1)	< 0.1	(< 0.1)	< 0.1
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Commelinaceae	2010	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(0.4)	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Compositae	2010	< 0.1	(0.2)	-	-	3.3	(52.6)	1.2	(27.2)	< 0.1	(0.7)	< 0.1	(0.3)	8.1	(66.9)	14.5	(72.7)	3.4
	2011	0.3	(1.1)	-	-	5.4	(50.1)	4.6	(32.1)	1.1	(6.4)	1.2	(5.7)	10.9	(27.6)	3.6	(2.5)	3.4
Convolvulaceae	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(0.7)	-	-	0.5	(4.5)	0.6	(3.2)	0.1
	2011	0.1	(0.2)	-	-	0.1	(0.7)	0.1	(0.6)	-	-	-	-	0.9	(2.3)	26.1	(18.1)	3.4
Cruciferae	2010	-	-	-	-	< 0.1	(0.3)	-	-	0.1	(2.5)	< 0.1	(0.8)	0.3	(2.8)	0.3	(1.4)	0.1
	2011	< 0.1	(< 0.1)	-	-	0.1	(0.6)	< 0.1	(0.3)	< 0.1	(< 0.1)	-	-	0.2	(0.4)	< 0.1	(< 0.1)	< 0.1
Cyperaceae	2010	0.1	(3.3)	0.1	(8.8)	1.2	(18.7)	1.4	(31.8)	0.7	(25.1)	1.4	(41.2)	0.6	(5.2)	1.0	(5.3)	0.8
	2011	6.9	(23.7)	15.1	(44.1)	3.2	(29.8)	4.4	(30.7)	2.7	(15.4)	3.9	(18.8)	5.9	(14.9)	1.0	(0.7)	5.4
Gramineae	2010	1.1	(58.4)	0.4	(47.0)	0.2	(3.9)	0.9	(19.5)	< 0.1	(1.4)	< 0.1	(1.1)	0.1	(1.2)	< 0.1	(0.1)	0.3
	2011	0.4	(1.5)	1.4	(4.1)	< 0.1	(0.3)	2.5	(17.3)	0.3	(1.9)	2.3	(11.2)	0.1	(0.3)	3.3	(2.3)	1.3
Leguminosae	2010	< 0.1	(2.3)	-	-	< 0.1	(0.1)	< 0.1	(0.1)	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1
	2011	-	-	-	-	< 0.1	(0.2)	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(< 0.1)	-	-	< 0.1
Lythraceae	2010	0.4	(20.6)	0.3	(32.8)	0.3	(4.5)	0.7	(16.4)	0.4	(15.5)	0.9	(27.9)	< 0.1	(< 0.1)	0.1	(0.6)	0.4
	2011	1.7	(6.0)	2.2	(6.5)	0.8	(7.2)	0.7	(4.6)	5.9	(33.8)	5.2	(25.1)	< 0.1	(< 0.1)	0.4	(0.3)	2.1
Onagraceae	2010	-	-	-	-	< 0.1	(0.5)	-	-	< 0.1	(1.4)	0.1	(1.7)	< 0.1	(0.3)	0.2	(0.9)	< 0.1
	2011	1.9	(6.5)	0.1	(0.3)	0.2	(2.2)	0.2	(1.4)	0.3	(1.9)	< 0.1	(0.1)	< 0.1	(0.1)	-	-	0.3

[z] Rice was planted in both PP (paddy-paddy agro-ecosystem) and PU (paddy-upland rotation agro-ecosystem) in First Crop; whereas, it was rice for PP and peanut for PU in Second Crop.

[y] CC: conventional cropping system; LC: low-input croopping system

[x] Not recorded.

表 5.　2010 年及 2011 年一、二期作各農耕生態系不同雜草科別之乾重。(續)

Table 5.　The weed family distribution and its dry weight in various cropping systems in the first and the second of 2010 and 2011. (continued)

		Frist crop[z]								Second crop								
		PP				PU				PP				PU				
		CC[y]		LC		CC		LC		CC		LC		CC		LC		
Family	Year	g m^{-2} (%)																Mean
Polygonaceae	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(< 0.1)	0.1	(0.7)	< 0.1
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Pontederiaceae	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(< 0.1)	-	-	-	-	-	-	< 0.1
	2011	0.1	(0.3)	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(0.1)	-	-	-	-	-	-	< 0.1
Rubiaceae	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(0.4)	< 0.1	(0.3)	< 0.1	(< 0.1)	< 0.1	(0.2)	< 0.1
	2011	< 0.1	(< 0.1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(< 0.1)	-	-	< 0.1
Scrophulariaceae	2010	0.1	(6.9)	0.1	(7.4)	0.9	(14.4)	0.2	(3.5)	1.3	(46.7)	0.9	(26.3)	0.1	(0.9)	0.8	(4.1)	0.5
	2011	17.4	(59.8)	15.4	(45.0)	0.4	(3.4)	0.5	(3.7)	6.7	(38.9)	8.1	(38.9)	0.1	(0.1)	0.1	(0.1)	6.1
Solanaceae	2010	-	-	-	-	0.3	(4.9)	0.1	(1.1)	< 0.1	(0.2)	< 0.1	(0.1)	2.2	(18.0)	2.0	(9.8)	0.6
	2011	-	-	< 0.1	(< 0.1)	0.2	(1.7)	< 0.1	(0.3)	-	-	-	-	21.4	(54.2)	109.5	(76.0)	16.4
Sterculiaceae	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	(0.1)	< 0.1
Tiliaceae	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	(< 0.1)	< 0.1
Unknown	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	(4.7)	-	-	-	-	-	-	< 0.1
	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 0.1	(< 0.1)	< 0.1	(< 0.1)	-	-	< 0.1
Mean	2010	0.3 ± 0.4		0.2 ± 0.1		0.6 ± 1.0		0.5 ± 0.6		0.2 ± 0.4		0.3 ± 0.5		1.0 ± 2.5		1.5 ± 3.9		0.6 ± 0.5
	2011	2.6 ± 5.3		5.7 ± 7.5		1.0 ± 1.7		1.4 ± 1.8		1.9 ± 2.6		2.6 ± 3.0		3.3 ± 6.6		14.4 ± 34.3		4.1 ± 4.4

[z] Rice was planted in both PP (paddy-paddy agro-ecosystem) and PU (paddy-upland rotation agro-ecosystem) in First Crop; whereas, it was rice for PP and peanut for PU in Second Crop.

[y] CC: conventional cropping system; LC: low-input croopping system

[x] Not recorded.

02-楊純明.indd 116 2013/7/8 下午 04:01:42

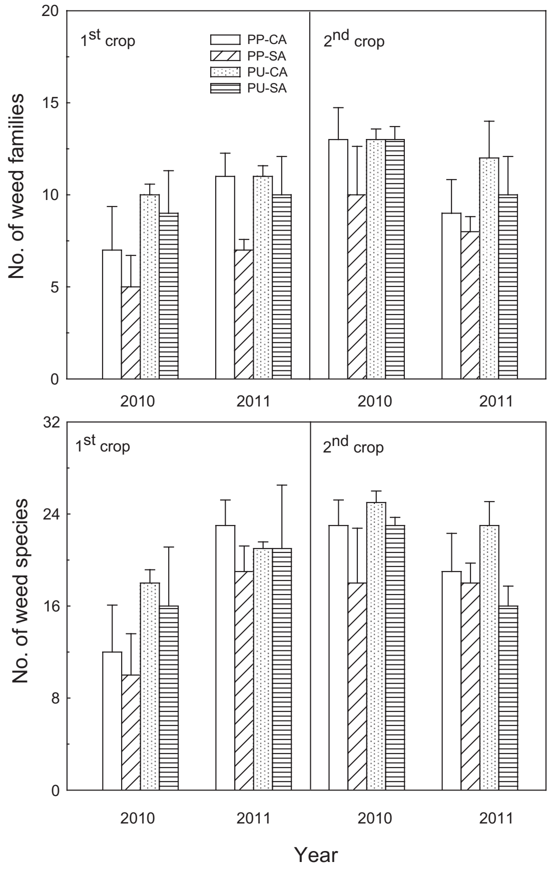

圖 1. 2010 年及 2011 年合計兩年四期作於各農耕生態系中雜草科別數與種別數之變化。

Fig. 1. Differences in numbers of weed families and weed species in vary cropping systems in the first and second cropping seasons of 2010 and 2011. PP: paddy-paddy agro-ecosystem; PU: paddy-upland rotation agro-ecosystem; CC: conventional cropping system; and LC: low-input cropping system.

一期作水田中除了千屈菜科與玄參科外，莎草科 (Cyperaceae)、禾本科 (Gramineae)、莧科 (Amaeanthaceae)、柳葉菜科 (Onagraceae) 等雜草，則錯落分布於田區。而在一期作的 PU 生態系中，2010 年 PU-CC 以菊科 (Compositae) 及玄參科等 2 科雜草，佔田區超過 50% 以上族群分布，PU-LC 以千屈菜科及莎草科為多數。2011 年 PU-CC 及 PU-LC 田區數量達 50% 以上之雜草，分別以莎草科與千屈菜科、菊科與莎草科等 2 個科別最多 (圖 3)。

二期作 PP 生態系，無論是 2010 年或 2011 年，玄參科分布最多，田區高達 40–62% 為此科雜草占據，平均發生密度達 56–177 plant m^{-2}，千屈菜科雜草則居次 (2010 年 PP-CC 除外)，田區約有 16–22% 分布 (圖 3)。二期作的水田環境已出現十字花科 (Cruciferae) 及菊科雜草，莎草科、禾本科、柳葉菜科及莧科則同時出現於一、二期作。在二期作 PU 生態系，2010 年 PU-CC 及 PU-LC 以菊科為優勢雜草，2011 年因改變雜草管理方式，使分布略有不同，PU-CC 以菊科及莎草科最多，其次為茄科 (Solanaceae)、十字花科、玄參科等，PU-LC 以茄科出現比例最高，其次為旋花科 (Convolvulaceae)、菊科、禾本科、莎草科等 (圖 3)。

本研究整理出参試四種農耕生態系排名前 5 種雜草分佈次序 (表 6)，在水田連作的 PP 生態系，2010 年一期作之 CC 與 LC 處理區，皆以水莧菜 (*Ammannia baccifera*) 出現密度最高，其次為芒稷、多花水莧 (*Ammannia multiflora*)、滿天星 (*Alternanthera sessilis*)、母草 (*Lindernia procumbens*)。2011 年一期作所出現的雜草種類未盡如 2010 年，但族群密度則較高；例如，出現最多的母草在 2010 年的分布僅有 1 plant m^{-2}，2011 年則大幅增加至 225 plant m^{-2}，另出現球花蒿草 (*Cyperus difformis*)、水莧菜、泥花草 (*Lindermia antipoda*)、木虱子 (*Fimbristylis littoralis*) 及碎米莎草 (*Cyperus iria*) 等雜草種類。二期作 PP 生態系出現之雜草種類與一期作部分相同，2010 年及 2011 年皆以母草最多，並有冬季裡作常出現之小葉碎米薺 (*Cardanmine flexuosa*)。

在水旱田輪作的 PU 生態系，2010 年一期作的 PU-CC 及 PU-LC 分別以霍香薊 (*Ageratum conyzoides*)、香附子 (*Cyperus rotundus*) 占多數，其它雜草種類有水莧菜、多花水莧、鱧腸 (*Eclipta prostrata*) 及母草等。2011 年則以水莧菜與鱧腸發生較多，依序另有水莧菜、香附子、球花蒿草、光果龍葵 (*Solanum americanum*) 及木虱子等。二期作種植旱作落花生，所發生之雜草多偏向旱田雜草種類，

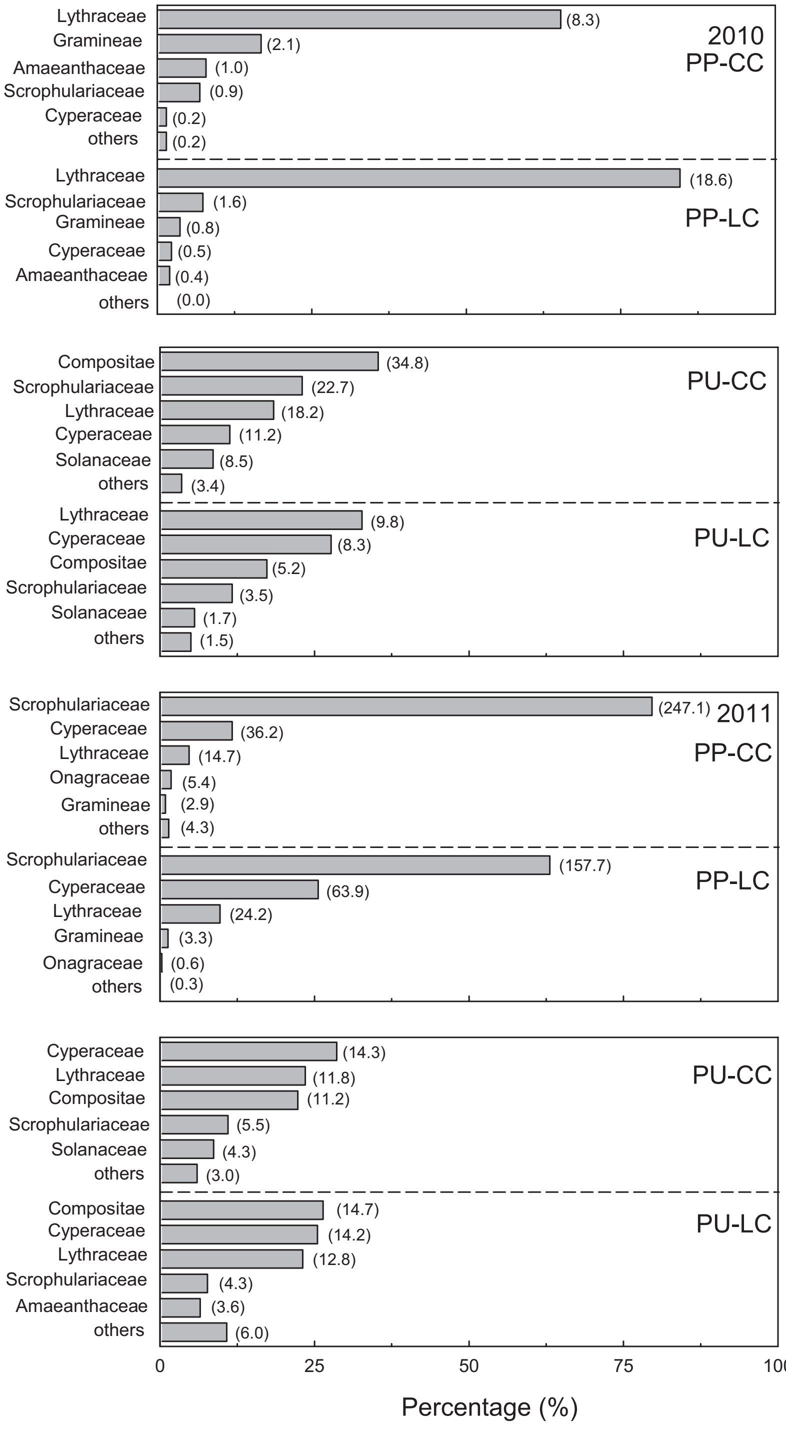

圖 2. 2010 年及 2011 年一期作各農耕生態系分布百分比最高之前 5 種雜草科別 (括弧內數值代表雜草密度)。

Fig. 2. The population percentages and their densities (values in parentheses are means of plant m^{-2}) of the top five ranking weed families in vary cropping systems in the first cropping seasons of 2010 and 2011. PP: paddy-paddy agro-ecosystem; PU: paddy-upland rotation agro-ecosystem; CC: conventional cropping system; and LC: low-input cropping system.

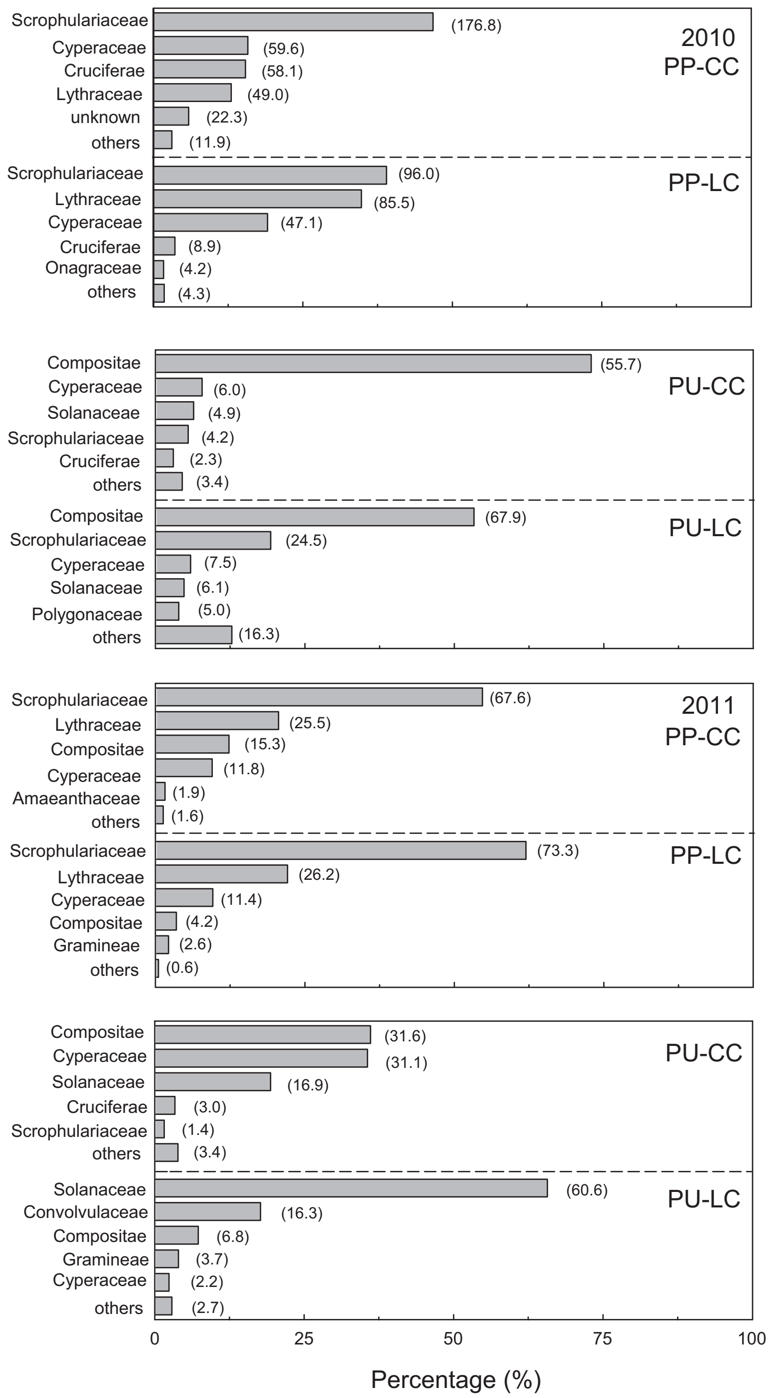

圖 3. 2010 年及 2011 年二期作各農耕生態系分布百分比最高之前 5 種雜草科別 (括弧內數值代表雜草密度)。

Fig. 3. The population percentages and their densities (values in parentheses are means of plant m^{-2}) of the top five ranking weed families in vary cropping systems in the second cropping seasons of 2010 and 2011. PP: paddy-paddy agro-ecosystem; PU: paddy-upland rotation agro-ecosystem; CC: conventional cropping system; and LC: low-input cropping system.

表 6. 2010 年及 2011 年一、二期作各農耕生態系發生密度最高之前 5 種雜草種類。

Table 6. The population densities of weed species for the top five rankings collected in various cropping systems in the first and second cropping seasons of 2010 and 2011.

		First crop				Second crop			
		CC[z]		LC		CC		LC	
		2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
Crop season	Species	plant m^{-2} (ranking)							
Paddy-paddy agro-ecosystem (PP)	*Alternanthera sessilis*	1.0 ± 2.0 (4)	-	0.4 ± 0.9 (4)	-	-	-	-	-
	Ammannia baccifera	6.8 ± 12.8 (1)	10.6 ± 8.5 (4)	16.2 ± 12.5 (1)	21.3 ± 20.1 (3)	46.4 ± 24.6 (5)	23.6 ± 6.7 (2)	79.2 ± 89.5 (2)	24.2 ± 3.05 (2)
	Ammannia multiflora	1.5 ± 3.0 (3)	-	0.6 ± 1.3 (3)	-	-	-	-	-
	Aster subulatus	-[x]	-	-	-	-	14.1 ± 28.1 (4)	-	2.8 ± 5.5 (4)
	Cardamine flexuosa	-	-	-	-	56.7 ± 97.1(2)	-	8.1 ± 10.6 (5)	-
	Cyperus difformis	-	22.9 ± 16.9 (2)	-	41.1 ± 58.1 (2)	-	-	-	2.8 ± 2.1 (4)
	Cyperus iria	-	-	-	5.5 ± 4.0 (5)	54.3 ± 37.1 (3)	-	38.3 ± 30.8 (3)	-
	Echinochloa colona	1.6 ± 1.8 (2)	-	0.4 ± 0.5 (5)	-	-	-	-	-
	Fimbristylis littoralis	-	8.4 ± 8.3 (5)	-	15.7 ± 10.4 (4)	-	4.7 ± 8.9 (5)	8.4 ± 11.8 (4)	6.1 ± 5.7 (3)
	Lindernia antipoda	-	22.0 ± 36.2 (3)	-	-	51.2 ± 53.6 (4)	18.2 ± 26.9 (3)	-	-
	Lindernia procumbens	0.9 ± 1.8 (5)	225.1 ± 194.9 (1)	1.6 ± 3.3 (2)	157.1 ± 110.5 (1)	125.6 ± 106.6 (1)	49.4 ± 77.3 (1)	88.2 ± 87.7 (1)	71.4 ± 68.3 (1)
	Others	0.9	21.6	0.9	9.3	43.4	13.6	23.7	11.1
	Total[y]	12.6	310.6	20.2	250.0	377.6	123.6	245.9	118.3
Paddy-upland rotation agro-ecosystem (PU)	*Ageratum conyzoides*	17.8 ± 25.6 (1)	-	-	-	34.0 ± 11.8(1)	19.8 ± 6.3 (2)	31.0 ± 19.1 (2)	12.3 (3)
	Alternanthera sessilis	-	-	-	3.2 ± 3.5 (4)	-	-	-	-
	Ammannia baccifera	17.2 ± 22.4 (2)	11.1 ± 6.6 (1)	3.9 ± 3.0 (4)	11.8 ± 18.4 (2)	-	-	-	-
	Ammannia multiflora	-	-	5.8 ± 6.8 (2)	-	-	-	-	-
	Cyperus difformis	-	4.3 ± 3.5 (5)	-	-	-	-	-	-
	Cyperus rotundus	-	7.1 ± 6.8 (3)	6.7 ± 6.3 (1)	5.5 ± 5.5 (3)	5.3 ± 5.8 (4)	29.0 ± 22.7 (1)	6.5 ± 0.4 (4)	-
	Eclipta prostrata	17.0 ± 7.7 (3)	9.8 ± 1.1 (2)	5.1 ± 8.4 (3)	14.0 ± 14.3 (1)	22.8 ± 20.4 (2)	11.0 ± 3.3 (4)	36.4 ± 22.5 (1)	2.7 ± 1.5 (5)
	Eleusine indica	-	-	-	-	-	-	-	2.9 ± 5.1 (4)
	Fimbristylis littoralis	-	-	-	3.2 ± 3.0 (4)	-	-	-	-
	Ipomoea nil	-	-	-	-	-	-	-	16.3 ± 14.9 (2)
	Lindernia antipoda	13.0 ± 11.6 (4)	-	-	-	4.4 ± 2.9 (5)	-	23.8 ± 13.1 (3)	-
	Lindernia procumbens	9.5 ± 11.5 (5)	-	2.3 ± 3.1(5)	-	-	-	-	-
	Paspalum conjugatum	-	-	-	3.2 ± 5.5 (4)	-	-	-	-
	Physalis angulata	-	-	-	-	5.9 ± 1.3 (3)	16.7 ± 12.1 (3)	6.1 ± 6.5 (5)	60.5 ± 44.2 (1)
	Rorippa indica	-	-	-	-	-	1.8 ± 3.2 (5)	-	-
	Solanum americanum	-	4.3 ± 1.2 (4)	-	-	-	-	-	-
	Others	24.3	13.5	6.1	14.8	9.7	9.2	28.1	5.7
	Total	98.8	50.1	29.8	55.5	87.0	87.4	131.9	100.3

[z] CC: conventional cropping system; LC: low-input cropping system.
[y] Total of weeds count.
[x] Not recorded.

02-楊純明.indd 120 2013/7/8 下午 04:01:45

2010 年 PU-CC 及 PU-LC 分別以霍香薊及鱧腸為多數，皆屬於菊科雜草。2011 年試驗結果發現，PU-CC 以香附子分布較多，其次為霍香薊、燈籠草 (*Physalis angulata*)、鱧腸、山芥菜，PU-LC 則以燈籠草出現最多，其次為牽牛花 (*Ipomoea nil*)、霍香薊、牛筋草 (*Eleusine indica*)、鱧腸。二年調查試驗中，LC 處理區雜草密度有高於 CC 處理區之趨勢。

討論

為瞭解雙期作水稻之 PP 生態系及水旱田輪作之 PU 生態系兩大作物生態系之雜草相變化，乃於 2010 及 2011 年 2 年 4 個期作進行雜草的取樣調查。本研究設計造成雜草差異的主因為：(1) 水田連作 PP 與水旱田輪作 PU；(2) 高施肥量 CC 與低施肥量 LC；以及 (3) 2010 年與 2011 年間二期作 PU 生態系雜草管理之差異，以瞭解並比較施作處理間對雜草相之變化。

對發生之雜草科別及密度而言，一期作雜草平均發生密度 (PP 生態系加上 PU 生態系之平均值) 以 2011 年大於 2010 年，再從雜草生質量上觀察，亦有相同趨勢，顯示 2011 年不論在雜草數量及株形大小 (重量) 上皆大於 2010 年。可能 2011 年有適合雜草萌芽之環境，以至於使一期作之雜草數量及生質量高於 2010 年。而二期作種植水稻之 PP 生態系，2011 年少於 2010 年，對照雜草生質量之結果，發現 2011 年之生質量高於 2010 年，顯示在 2011 年二期作 PP 生態系每單位面積下的雜草密度較少，但平均鮮、乾重較大。由於二期作溫度相對較高 (Hsiao *et al.* 2011)，可能快速累積其生質量，使平均重量大於 2010 年。此外，水田連作的雜草密度高於水旱田輪作，而科別數則相當。施肥量雖有高低，惟在期作收穫前的雜草調查並未見明顯雜草密度差異，雖然氮肥對植物生長所產生之促進效果可能影響雜草種類的改變 (Di Tomaso 1995)，但本研究結果顯示，田區的環境狀況與作物種類的更迭似乎為影響雜草相與密度變化的主要效應，兩者之間又存有交感效應 (Andersson & Milberg 1998; Swanton *et al.* 1999)。

由雜草密度統計各年度、各期作及各農耕生態系之雜草科別數與種別數，顯示 2011 年較 2010 年多了梧桐科與田麻科，惟此二科雜草分布密度小於 1 plant m^{-2}。由於溪口農場為開放區域，是否由他處農田飄散而來，或由原本土壤種子庫萌發，需持續觀察其變化。無論係雜草科別數或種別數，概以一期作少於二期作，其原因可能由於二期作生育前期的環境溫度相對較高，而有較多的雜草科別數與種別數 (Hsiao *et al.* 2011)。其次，二期作之 PU 農耕生態系栽種旱作落花生，由於旱田與水田環境差異甚大，原先水田狀態休眠之旱作雜草將在旱田中陸續萌芽，可能因此使得 PU 之雜草種類多於 PP 者 (Chiang *et al.* 2003; Kuo 2004)。以發生科別而言，莧科 (Amaeanthaceae)、莎草科 (Cyperaceae)、禾本科 (Gramineae)、千屈菜科 (Lythraceae) 及玄參科 (Scrophulariaceae) 等雜草一、二期作均可見，且普遍發生於四種農耕生態系田區。此 4 科雜草在本試區 (溪口農場) 的分布較傳統水田優勢雜草禾本科為強 (Chiang & Leu 1982)，其原因是否由環境、除草劑施用類型或其他因素，仍待進一步探討。

農田內與作物競爭環境資源主要來自於部分強勢雜草，這些雜草有較高密度的族群，其餘大多數雜草種類皆以低密度存在 (Chiang & Chiang 2010)。從發生密度最多之前 5 名雜草科別即可看出優勢雜草的分布與強度，同樣是在一期作，2010 年以千屈菜科雜草分布較多，玄參科排序落在第 2 或第 4，隔年在相同田區玄參科增加了近 97% 的族群數量，因此 2011 年似乎較適合此科雜草生長，尤其在 PP-CC 田區最多有 247 plant m^{-2} 的分布。是否因氣候改變導致雜草相變動，將再觀察多年期試驗後深入分析瞭解。一期作 PU 生態系具有水田及旱田雜草相混合分布，雜草密度分布較為平均，約需合計 2–3 科雜草數量才能達全數之 6 成以上，不若 PP 生態系常以單一雜草科別獨占田區。

在二期作 PP 生態系，分布最多的玄參科雜草，無論在水田或旱田皆能發現 (Lin 2009)，根據台灣植物誌 (Editorial Committee of the Flora of Taiwan 1996) 的記載，玄參科有 25 個屬，約有 70 幾種，不論在高山森林或平地沿海皆可見其蹤跡，可見此科雜草分布範圍廣泛。近年來加上水族業者引進各國觀賞水草，某些族群已趨近歸化的進入水田或濕潤地，隨著農業行為散布，如最近新歸化之睫毛婆婆納 (*Veronica hederifolia*) 便有如強勢雜草般的入侵中高海拔的梨山農業區 (Shen *et al.* 2009)，因此關於此科入侵雜草的擴散應多加注意。

二期作 PU 生態系中，在無雜草管理差異的 2010 年中，落花生田區分布最多為菊科雜草，由於旱田雜草防治上較水田雜草困難 (Chiang & Leu 1982; Chiang *et al.* 2003)，2010 年的落花生試驗田因雜草競爭等原因使收穫量下降。為獲得合理產量，2011 年之旱作田區 CC 處理區較 LC 處理區多了人工除草的雜草管理，使 2 區的雜草相變動有了差異。在作季結束的雜草調查中，發現 PU-CC 的優勢雜草以菊科及莎草科為多，其中菊科雜草較 2010 年發生數量及所佔比例已有下降，顯示經過除草劑及人工除草管理，似有控制菊科雜草的發生。但由於此科雜草生長力較盛，似乎能再次佔據田面，並與莎草科分布相當。在 PU-LC 中因少施行一次人工除草，使茄科競爭性似乎高過菊科或莎草科，以 61 plant m^{-2} 的族群密度佔據 66% 雜草發生比例。雖然 CC 與 LC 田區皆進行相同除草劑管理，但由於旱田雜草生長快速，如未在適當時期進行防治將使植株過大，會使除草劑控制效果較低。PU-LC 田區因未施作人工除草，使雜草生質量皆較 PU-CC 大，茄科與旋花科快速覆蓋田面，降低菊科或莎草科的生長空間。

進一步分析發生最多的前 5 種雜草，PP 生態系為連續水田耕作，田區發生型態多以水田雜草生長，一期作密度最高的水莧菜即是常見種類之一，另外母草則是逐漸增多的雜草種類，尤其在 2011 年發展的密度甚高，使得二期作 PP 生態系田區為母草佔據。Chiang & Chiang (2006) 在 1981–2002 年進行的調查顯示，常年除草劑使用後以水莧菜 (*Ammannia baccifera*)、多花水莧 (*Ammannia multiflora*)、泥花草 (*Lindernia antipoda*)、碎米莎草 (*Cyperus iria*) 等雜草的發生頻率較高，與泥花草同屬的母草族群是否也因除草劑施用而增加，須持續觀察。此外，外來入侵的歸化植物掃帚菊 (*Aster subulatus*) 是濕地的強勢物種，似乎已蔓延至農地，是否影響其他弱草族群亦應注意。

PU 生態系在一期作雖然同樣進行水田耕作型態，但由於二期作種植旱作，加上草相調查為作季收穫前，田區維持濕潤狀態，讓旱田雜草有機會萌芽出土，所以水田及旱田雜草交錯發生，常見的鱧腸即能在旱田中萌芽，亦能於水田中挺水生長 (Lin 2009)。二期作的旱作落花生生長初期與雜草的競爭力較弱，生質量累積速度不如雜草，必須在播種後 3–8 週內進行有效的雜草管理，減少雜草對後期生長及莢果生育的危害 (Chen & Chen 2005; Everman *et al.* 2008)，2010 年二期作以藿香薊及鱧腸占大多數，此 2 類雜草已在一、二期作皆可分布，是 PU 生態系中穩定存在的種類。值得注意的是，牽牛花是田區中潛在危害力逐漸增加的族群，雖然 2010 年的族群密度為前 5 種雜草之外，但在 2011 年田區大面積攀附於落花生植株，影響其生長及增加採收困難度，因此在 PU-CC 區及時施行人工除草以降低牽牛花的競爭，而 PU-LC 區則無進行人工除草，試驗發現不同雜草管理措施將可改變農田雜草相組成 (Ryan *et al.* 2010)。除了牽牛花之外，燈籠草的密度亦相當高，由於植株生長快速，加上落花生多為匍匐地面生長，可能遮蔽日光影響落花生光合作用而減產，因此在管理上需特別注意防除之最佳時機。對此本研究將視田區雜草分布狀況，動態調整雜草管理策略，目標著重於合宜進行雜草管理，減低與作物間的相互競爭力，維持低雜草密度下之適當生產，達到最佳管理模式。

綜合本研究 2 年 4 個期作試驗結果，透過長期的研究及調查能對照出不同作物生態系所提供之雜草族群種類，以及預測雜草族群的基本特性。本研究發現各農耕體系會對雜草相帶來改變，因此也將造成雜草管理上的差異。作者將持續收集更多年期資料來確認雜草相之變化與變遷，以提供不同農耕操作選擇之雜草管理應用，並由雜草相的變化動態調整管理模式，以提供符合生態保育的雜草管理方法，並且探討各農耕生態系的操作措施對雜草相改變的相關影響機制。

引用文獻

Andersson, T. N. and P. Milberg. 1998. Weed flora and the relative importance of site, crop, crop rotation, and nitrogen levels. Amer. Appl. Biol. 128:505–518.

Booth, B. D. and C. J. Swanton. 2002. Assembly theory applied to weed communities. Weed Sci. 50:2–13.

Chen, F. Y. and K. H. Chen. 2005. Evaluation of graminicides for weed control in peanut field. Weed Sci. Bull. 26:43–52. (in Chinese with English abstract)

Chiang, M. Y. and L. S. Leu. 1982. Weeds and weed damage of paddy field in Taiwan. Weed Sci. Bull. 3:18–46. (in Chinese with English abstract)

Chiang, M. Y., Y. J. Chiang, C. I. Yuan, L. M. Hsu, and F. Y. Chen. 2003. Current status and prospects of weed management of croplands in Taiwan. p.245–258. *in*: Proceedings of 2003 International Conference on Plant Health Management. October 28–29, 2003. Yunlin, Taiwan. All In Agriculture Development Foundation, Taipei. (in Chinese with English abstract)

Chiang, Y. J. and M. J. Chiang. 2006. Handbook on Herbicides and Farmland Weed in Taiwan. Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute Press, Taichung. 259 pp.

Chiang, M. Y. and Y. J. Chiang. 2010. Potential impacts of climate change on agricultural land and environmental weeds in Taiwan. p.99–116. *in*: Proceedings of the International Workshop on Climate Change and Food Crisis. July 9, 2010. Tainan, Taiwan. Tainan District Agricultural Research and Extension Station, COA, Tainan. (in Chinese with English abstract)

Cheng, S. H. 1997. The effect of rotation on soil of chemical and physical and weeds in the paddy field. Bull. Hualien DARES 14:79–94. (in Chinese)

Di Tomaso, J. M. 1995. Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. Weed Sci. 43:491–497.

Editorial Committee of the Flora of Taiwan. 1996. Flora of Taiwan. 2nd ed. Department of Botany, National Taiwan University. Taipei. 861pp.

Everman, W. J., S. B. Clewis, W. E. Thomas, I. C. Burke, and J. W. Wilcut. 2008. Critical period of weed interference in peanut. Weed Technol. 22:63–67.

Francis, C. A., M. D. Clegg, and S. C. Mason. 1989. Alternatives to Monoculture: Alternatives to Monocultural Sustainable Systems for U. S. Crop Production. Issue 301 of Extension Bulletin. ASPAC Food & Fertilizer Technology Center. Taipei. 19 pp.

Ho, N. K. and K. Itoh. 1991. Change in weed flora and their distribution in the Muda area. Paper presented at the 8th MADA/TRAC Quarterly Meeting on November 3, 1991. Alor Setar, Malaysia.

Hsiao, C. L., C. M. Yang, and Y. J. Lee. 2011. Effect of planting date on population and weeds in the paddy field. J. Taiwan Agric. Res. 60:139–148. (in Chinese with English abstract)

Kent, R., D. E. Johnson, and M. Becker. 2001. The influences of cropping system on weed communities of rice in Cote d'Ivoire, West Africa. Agric. Ecosystem Environ. 87:299–307.

Kuo, W. H. 2004. Seed ecology and weed management. Weed Sci. Bull. 25:53–68. (in Chinese with English abstract)

Lègére, A., F. C. Stevenson, and N. Ziadi. 2008. Contrasting response of weed communities and crops to 12 year of tillage and fertilization treatments. Weed Technol. 22:309–317.

Lin, C. C. 2009. A Field Guide to Aquatic & Wetland Plants of Taiwan. Commonwealth Publishing Co. Taipei. 319 pp.

Liebman, M. and E. Dyck. 1993. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. Ecol. Appl. 3:92–122.

Moody, K. 1996. Weed community dynamics in rice fields. p.27–36. *in*: Herbicides in Asian Rice: Transitions in Weed Management. (Naylor, R., ed.) Institute for International Studies and International Rice Research Institute. Palo Alto and Manila. 270 pp.

Ryan, M. R., R. G. Smith, S. B. Mirsky, D. A. Mortensen, and R. Seidel. 2010. Management filters and species traits: Weed community assembly in long-term organic and conventional systems. Weed Sci. 58:265–277.

Shen, M. Y., C. I. Peng, and T. W. Hsu. 2009. *Veronica hederifolia* L. (Scrophulariaceae) newly naturalized to Taiwan. Endem. Species Res. 11:47–50.

Smith, R. G. and K. L. Gross. 2006. Raid change in the germinable fraction of the weed seed bank in crop rotations. Weed Sci. 54:1094–1100.

Swanton, C. J., A. Shrestha, R. C. Roy, and S. Z. Knezevic. 1999. Effect of tillage systems, N, and cover crop on the composition of weed flora. Weed Sci. 47:454–461.

Tungate, K. D., D. W. Israel, D. M. Watson, and T. W. Rufty. 2007. Potential changes in weed competitiveness in an agro-ecological system with elevated temperatures. Environ. Exp. Bot. 60:42–49.

VanGessel, M. J. 2001. Glyphosate-resistant horseweed from Delaware. Weed Sci. 49:703–705.

Different Agro-Ecosystems Affect Population and Density of Weeds in Paddy-Paddy and Paddy-Upland Rotation Systems

Chiao-Ling Hsiao[1], Chewn-Ming Yang[2,*], and Chia-Hsun Ho[1]

Abstract

Hsiao, C. L., C. M. Yang, and C. H. Ho. 2013. Different agro-ecosystems affect population and density of weeds in paddy-paddy and paddy-upland rotation systems. J. Taiwan Agric. Res. 62(2):106–125.

Changes in population and density of weeds occur in different cropping systems with time. To delineate variation and progress of weeds under paddy-paddy agro-ecosystem (PP) and paddy-upland rotation agro-ecosystem (PU) of a two-crop system, studies were conducted at long-term agricultural ecological research (LTER) station located in Sikou Experimental Farm of Taiwan Agricultural Research Institute. Within each agro-ecosystem, there were two types of practice, conventional cropping system (CC) and low-input cropping system (LC), making up four agro-ecosystems in total, namely, PP-CC, PP-LC, PU-CC and PU-LC. This paper summarized the results from investigations and analyses of data acquired in 2010 and 2011. As the results shown, weed density was higher in LC than in CC and in 2011 than in 2010 in first crops, suggesting that cropping treatments were not yet stabilized so that LC treatment was not have less weeds as expected. Because of such a situation, weed biomass of CC was higher than LC in 2010, but not in 2011. In second crops, PP had a larger weed population and density than that of PU, particularly in 2010, indicating richer weeds in paddy fields than in uplands. Among these four agro-ecosystems, generally larger numbers of weed family and species were found in second crops, yet vary yearly, reflecting a complicated factors intervention in weed infestations. The most populated weed family of PP was Lythraceae in 2010 and was Scrophulariaceae in 2011 for first crop, and was Scrophulariaceae for second crop in both years. Of the PU, family of Compositae and Lythraceae were the most populated weeds for PU-CC and PU-LC, respectively, in first crop of 2010, and it was family of Cyperaceae and Compositae, respectively, in 2011. Weeds of family Compositae were predominant in both agro-ecosystems in second crop of 2010 and weeds of family Compositae and Solanaceae were the predominated ones in 2011 for PU-CC and PU-LC, respectively. As for weed species, plants of *Ammannia baccifera* occupied the most in PP in first crop of 2010, while *Lindernia procumbens* took the lead in 2011 as well as in second crop of both years. In PU, population of *Agcratum conyzoides* was the highest, followed by *Cyperus rotundus* in first crop of 2010. The top two populations in 2011 were *Ammannia baccifera* and *Eclipta prostrate*. In second crop, *Agcratum conyzoides* and *Eclipta prostrata* were listed in the first two rankings in 2010, but were *Cyperus rotundus* and *Physalis angulata* in 2011. Apparently, changes in weed family and species will be affected by multifactors such as ecology, cropping system and climate and hence, will fluctuate in seasons and years. It requires more investigations to clarify how long weed populations will reach a dynamic balance among each other.

Key words: Long-term agricultural ecosystem, Paddy-paddy agro-ecosystem, Paddy-upland rotation agro-ecosystem, Conventional cropping system, Low-input cropping seasons.

Received: January 3, 2013; Accepted: March 22, 2013.
* Corresponding author, e-mail: cmyang@trai.gov.tw
1 Assistant Research Fellows, Crop Science Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.
2 Research Fellow, Director-General Office/Crop Science Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.